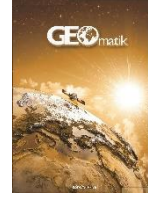




## GEOMATİK

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik>

e-ISSN 2564-6761



### Galileo uydu sistemi ve sinyal yapısı

Atınc Pırtı<sup>\*1</sup>, Ramazan Gürsel Hoşbaş<sup>1</sup>, Burak Şenel<sup>1</sup>, Mehmet Köroğlu<sup>1</sup>, Serdar Bilim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

#### Anahtar Kelimeler

Galileo  
GPS/GNSS  
Uydu bileşenleri  
Sinyal yapısı

#### ÖZ

Küresel konum belirleme sistemleri günümüz uygulamalarında devrim olarak nitelendirilebilir. Bu sistemler herhangi bir cismin yaklaşık olarak konumunun belirlenmesinde, ulaşım araçlarının navigasyonunda, birçok ölçme işleminde ve hayatı kolaylaştıracak birçok alanda kullanılabilir. Çok hassas zaman bilgisiyle üç boyutlu uzay geriden kestirme yöntemi sonucunda yüksek doğruluk ve hızlı işlem süreleriyle konum bilgisi kestirilebilir. Dünya çapında Global Konum Belirleme Sistemi (Global Positioning System-GPS), GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikova Sistema) sistemleri aktif olarak kullanılmaktadır. Bu iki sistemin yanında GALILEO uydu sistemi de sivil olarak birçok alana hizmet vermek için planlanmaktadır. Bu çalışmada GALILEO'nun özelliklerine, sinyallerine, ortaya çıkış aşamalarına, diğer sistemlerle arasındaki farklılıklara ve neden ihtiyaç duyulduğuna değinilmektedir.

### Galileo Satellite System and Signal Structure

#### Keywords

Galileo  
GPS/GNSS  
Satellite components  
Signal structure

#### ABSTRACT

Global positioning systems can be described as a revolution today. These systems can be used in determining the approximate location of any object, navigating the means of transportation, in many measuring processes and in many areas that will make life easier. As a result of the three-dimensional space shortcut method with very precise time information, location information can be estimated with high accuracy and fast processing times. Global Positioning System (GPS), GLONASS (Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikova Sistema) systems are actively used worldwide. In addition to these two systems, the GALILEO satellite system plans to serve many areas civilly. In this study, the features of the GALILEO, its signals, the stages of its emergence, the differences between other systems and why it is needed.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde teknoloji geliştikçe birçok alanda yenilikler görülmektedir. Bu yeniliklerden biri de, hayatımızda zamanla daha fazla yer alan konum belirleme sistemlerinde yaşanmaktadır. Konum belirleme sistemleri askeri, sivil ve ticari hayatta insanoğluna birçok kolaylık sağlamaktadır. Bu alandaki gelişmeler, çağın getirdiği kolaylıklara ayak uydurmak ve rekabetin dışında kalmamak için birçok dünya ülkesini bu alanda çalışmalara sevk etmektedir.

Şu an aktif olarak kullanılan ABD'ye ait GPS ve Rusya'ya ait GLONASS sistemlerinin hakları ülkelerin ordularının elinde olduğu için savaş ya da başka bir olağan dışı halde kullanım dışı bırakılma durumları vardır. GALILEO sistemi ise Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından alınan kararlar ile tamamen sivil kullanıma yönelik, sürekli hizmet garantili ve yüksek konum duyarlılığı olan bir program olarak Avrupa ülkeleri, GPS ve GLONASS' a alternatif olarak GALILEO küresel uydu navigasyon sistemini geliştirmiştir.

Galileo sistemi girişimi 1999 yılında Fransa, Almanya, İtalya ve Birleşik Krallık' tan gelen dört farklı proje önerisinin ele alınmasıyla başlamıştır. 26 Mayıs 2003 tarihinde ise Avrupa Birliği ve Avrupa Uzay Ajansı projesi üstlenmiştir.

Projenin aşamaları aşağıda verilmiştir (Tablo.1).

**Tablo 1.** Galileo uydu sisteminin aşamaları

Aşamada Adı	Gerçekleşme Tarihi
Projenin İlk Çıkışı	2001
Geliştirme Aşaması: Görev gereksinimlerinin birleştirilmesi ve sonuçlandırılması	
#2-4 adet uydunun geliştirilmesi	2002-2005
#Yer istasyonları ve altyapı tesislerinin oluşturulması	
#Sistemin uzayda denenmesi	
#Uzaya uydu gönderme aşaması	
#Geriye kalan 26-28 adet uydunun tamamlanması ve yörüngelerine oturtulması	2006-2013
#Yer istasyonları ve alt yapı istasyonlarının tamamlanması	
#Sistemin kullanıma açılması	2014(OS) 2016(PRS) 2020-(HEPSI)

Başlangıçta Galileo sisteminin finansmanı için kamu-özel işbirliği (Public Private Partnership - PPP) modelinin en uygun model olduğu düşünülmüş ancak geçen zaman içerisinde programın taşıdığı riskler (tasarıma ilişkin riskler, pazar riskleri,

yüksek maliyet) nedeniyle özel sektör işbirliğini öngören finansman modelinin uygun bir yöntem olmadığı sonucuna varılmış ve böylece 8 Haziran 2007 tarihinde Avrupa Konseyi tarafından PPP için imtiyaz müzakerelerinin durdurulması kararı alınmıştır. Bunun sonucunda Galileo projesinin AB bütçesinden finanse edilmesi kararına varılmış ve sistemin mülkiyetinin AB'ye ait olacağı açıklanmıştır (Kahveci ve Yıldız, 2017).

Tasarıya destek olacağı söylenen birçok ülke olmuştur. 2003 Eylülde Çin, 2004 Temmuzda İsrail, 3 Haziran 2005'de Ukrayna, 2005 Kasımında Fas, 12 Ocak 2006 tarihinde ise Güney Kore programa katılan ülkeler arasında yer almıştır. Hindistan, Eylül 2005'te, European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS) çerçevesinde bölgesel katılımı arttırmak amacıyla tasarı ortağı olmuştur [URL3]. Avrupa Birliği üyesi 27 ülke ise uzun tartışmalar sonucunda 2007 yılında topluca programa dâhil olmuşlardır. Çin ise 2006 yılının Kasım ayında, Galileo yerine bağımsız olarak BeiDou (COMPASS) uydu konumlandırma sistemini geliştirme kararı alarak projeden ayrılmıştır (Marks, 2006). Başlangıç da katılmayı reddeden İspanya'nın da katılmayı kabul etmesiyle beraber, projenin finansman problemleri sona ermiş ve resmen bu fikir bir Avrupa Birliği projesi haline gelmiştir (Koca ve Ceylan, 2018).

Projede planlanmış olan toplam uydu sayısı 30'dur. 2020 itibari ile iptal olan uydularla beraber 22 tane uydu yörüngede yer almaktadır. Gelecekte uydu sayısının 30 olması hedeflenmektedir.

Avrupa Komisyonu Enerji ve Ulaştırma Genel Müdürlüğü, bu sisteme ihtiyacın gerekçelerini şu şekilde vermiştir;

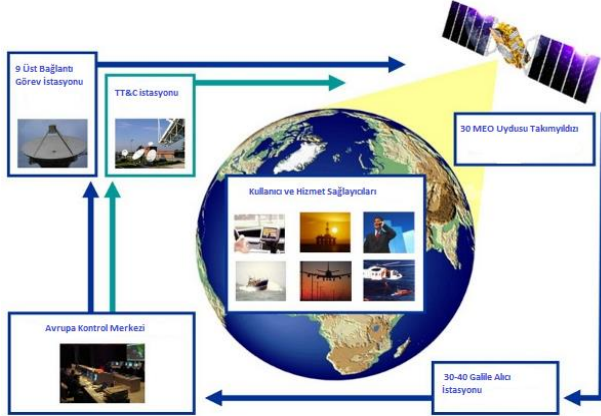
- 1- GPS' in sivil kullanıcılara sağladığı doğruluğun zamana ve konuma bağlı olarak değişmesi, bunun Avrupa açısından özellikle ulaşım sektörünün gereksinimleri için yeterli olmaması
- 2- Avrupa'nın özellikle hava yolu taşımacılığında kullandığı kuzey bölgelerde GPS' in kapsama alanının sınırlı olması, bunun ise birçok Kuzey Avrupa ülkesinde GPS kullanımını olumsuz yönde etkilemesi, dolayısıyla, halen %50 olan kapsama alanının Galileo ile birlikte %95 e çıkacak olması
- 3- Herhangi bir nedenle GPS sisteminin devre dışı kalması ya da ABD tarafından kullanıma kapatılması durumunda, bunun Avrupa ekonomisine maliyetinin günlük olarak 130 ile 500 milyon Euro arasında olması.

Bu sayılan nedenlerin dışında ekonomik, teknolojik, siyasi ve askeri nedenlerin de olduğu bilinmektedir. (Kahveci ve Yıldız, 2017)

## 2. GALİLEO SİSTEMİ

Galileo altyapısı, Avrupa'da kontrol merkezleri, dünya çapında kurulu izleme istasyonları ve yer-

uydu istasyonları ile birlikte 30 uydudan oluşacaktır. Her uyduda bir navigasyon eklentisi ve Arama ve Kurtarma (SAR) vericisi bulunacaktır. Ayrıca bu sistemde 16 sensör istasyonu, 2 kontrol merkezi, 9 çıkış hattı istasyonu, 5 telemetri, izleme ve kumanda (TT&C) istasyonu, 4 servis tesisinden (Galileo servis merkezi, Galileo Referans Merkezi, Arama ve Kurtarma Veri Servis sağlayıcısı ve Galileo güvenlik izleme merkezi) oluşacaktır (URL-3).



Şekil 1. Galileo altyapısı (URL-3)

## 2.1. Galileo Uyduları

İlk olarak fırlatılan iki deneme uydusundan 2005 yılındaki GIOVE-A ve 2008 yılındaki GIOVE-B olarak adlandırılan uydulardır. Bu ilk test uyduları yardımıyla uydu üzerindeki kritik teknolojilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Burada adı geçen kritik teknolojiler, uydulara yerleştirilecek on-board (uydunun yapısında bulunan) yüksek duyarlılık saatlerin geliştirilmesi, her bir saatin ortak bir GALILEO sistem zamanına göre düzeltilmesini sağlayacak zaman üniteleri, uydu sinyallerini üretecek sinyal jeneratörleri, güç yükselticiler, radyo frekansı yayınlayıcıları, antenler, sinyal göndericiler vb. bileşenleri kapsamaktadır (URL-1).

GIOVE-A aylık bir görev için tasarlanmış ve boyutlandırılmıştır. Halen faaliyette olmasına rağmen, kullanım ömrünün iki katından daha fazla süre görev yapmış ve 30 Haziran 2012 tarihinde emekli edilmiştir. GIOVE-B ise 4 yıldan fazla hizmet ettikten sonra 23 Temmuz 2012 de hizmetten emekli edilmiştir [URL-5].

2011 ve 2012 yıllarında 4 adet Yörünge İçi Doğrulama (IOV) uydusu fırlatılmış; 2013 yılında teknoloji gösterim ve sistem doğrulama gibi test uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Şubat 2014 itibarıyla Galileo Yörünge Doğrulaması yapılmıştır. Buraya kadar anlatılan kısımlar Yörünge İçi Doğrulama (IOV) aşamasıdır.

İkinci aşama ise takım olarak İlk Operasyonel Yeteneğine (IOC) ulaşmak için çalıştırılmıştır. IOC evre 2014 yılından itibaren zemin ve uzay altyapısının sağlanmasını içerir. Açık Hizmeti, Arama ve Kurtarma Hizmeti ve PRS Aralık 2016 yılında ilan edilmiştir. IOC aşaması ilk uydu yığını (4 IOV uydusuna 14 ek uydu), fırlatma hizmetlerini, gerekli görev ve kontrol zemin altyapısını, sistem destek hizmetlerini ve ilgili işlemleri içerdiği belirtilmiştir.

Üçüncü aşama Tam Operasyonel Kapasite (FOC) aşamasıdır. FOC uyduları tam operasyonel kapasiteli uydulardır. Bu aşamada uydu takımının tamamlanması amaçlanmaktadır. Sistemdeki uydu sayısı 2014'ten beri fırlatılan FOC uyduları ile kademeli olarak artırılmaktadır. Galileo'nun yaklaşık 2020 yılı sonunda tam operasyonel kabiliyete erişmesi beklenmektedir (İçen, 2018). Galileo FOC uyduları, önceki IOV uydularıyla genel olarak aynı özelliklere sahip olmakla beraber, daha yüksek iletim gücüne sahiptirler (URL-5).

Fırlatıldıktan sonra iki Galileo uydusu kullanım dışı kalmıştır. Bunlardan ilki Galileo- IOV FM4, diğeri ise Galileo-FOC FM4 uydusudur.

Bunların dışında fırlatılıp yanlış yörüngeye giren uydular da olmuştur. Galileo-FOC FM1 ve Galileo-FOC FM2 uyduları yanlış yörüngeye girdikten sonra Mart 2015' te kullanılabilir yörüngeye sokulmuştur. 5 Ağustos 2016 tarihinden itibaren bu uydular için yayın servisi test aşamasındadır. Galileo sisteminin aktif olan güncel uyduları ve planlanan fırlatmalar aşağıda (Tablo 2 ve Tablo 3) verilmiştir.

Tablo 2. Aktif Uydular

Uydu	Fırlatılma Tarihi
Galileo-IOV PFM	2011-10-21 10:30
Galileo-IOV FM2	
Galileo-IOV FM3	2012-10-12 18:15
Galileo-FOC FM3	2015-03-27 21:46
Galileo-FOC FM5	2015-09-11 02:08
Galileo-FOC FM6	
Galileo-FOC FM8	
Galileo-FOC FM9	2015-12-17 11:51
Galileo-FOC FM10	
Galileo-FOC FM11	2016-05-24 08:48
Galileo-FOC FM7	
Galileo-FOC FM12	
Galileo-FOC FM13	2016-11-17 13:06
Galileo-FOC FM14	
Galileo-FOC FM15	
Galileo-FOC FM16	
Galileo-FOC FM17	2017-12-12 18:36
Galileo-FOC FM18	
Galileo-FOC FM19	
Galileo-FOC FM20	
Galileo-FOC FM21	2018-07-25 11:25
Galileo-FOC FM22	

Tablo 3. Fırlatılacak Uydular

Uydu	Fırlatılma Tarihi
Galileo-FOC FM23	
Galileo-FOC FM24	2020
Galileo-FOC FM25	
Galileo-FOC FM26	2021
Galileo-FOC FM27	
Galileo-FOC FM28	2022+
Galileo-FOC FM29	
Galileo-FOC FM30	2022+
Galileo-FOC FM31	
Galileo-FOC FM32	2022+
Galileo-FOC FM33	
Galileo-FOC FM34	2022+

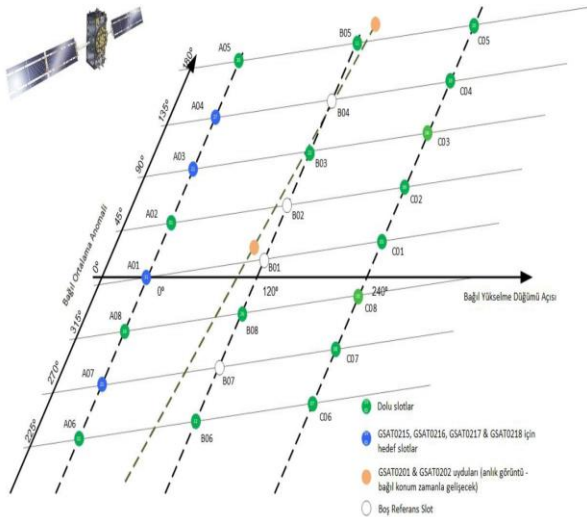
## 2.2. Galileo Sistemini Oluşturan Bölümler

Galileo sistemi üç ana bileşenden oluşur. Bunlar;

- 1- Uzay Bölümü
- 2- Yer Kontrol Bölümü
- 3- Kullanıcı Bölümü

Galileo Uzay Bölümünün başlıca görevleri, Galileo sinyal yapısına sahip kod ve taşıyıcı faz sinyallerini üretmek ve bu üretilen sinyallerin iletilmesini sağlamaktır. Ayrıca Kontrol Bölümü tarafından gönderilen navigasyon mesajını saklamak ve yeniden iletmektir. Bu aktarım işlemleri, uydulardaki yüksek duyarlılığa sahip atomik saatler tarafından kontrol edilmektedir.

Uzay bölümü, Walker 27/3/1 takımıydı olarak adlandırılan 3'ü yedek olmak üzere toplam 30 uydudan oluşacaktır. Uyduların yörünge yüksekliği yaklaşık olarak 23222 km (yer merkezinden 29593 km) olup, bu yörüngeler Orta Uzaklıkları Yörünge (Medium Earth Orbit - MEO) olarak adlandırılmaktadır. Uydular üç yörünge düzlemine dağıtılacak olup her yörünge düzleminin eğim açısı 56°dir (M. Kahveci, F. Yıldız 2017). Sistemdeki bütün uydular 120° olarak ayrılmış 3 farklı yörünge düzlemine eşit bir şekilde dağılmışlardır. Her bir yörünge düzleminde toplamda 10 uydu bulunur; bunlardan 8 tanesi ana uydu, 2 tanesi ise yedek uydudur. 8 ana uydu 45° açılarla yerleştirilmektedir. Yedek uydular, işlev durumunda olan uydulardan birinde herhangi bir sıkıntı olması durumunda devreye girmek için beklemektedirler.



**Şekil 3.** Galileo Yörünge Slotları (European GNSS Agency, 2018)

Uyduların yörüngedeki teğetsel dönüş hızları yaklaşık olarak 4 km/sn'dir. Uydunun yörüngeyi bir tam devir süresi 14 saat 4 dakika 42 saniye sürmektedir. Yörüngelerin yer izi her 17 turda (10 günde) bir tekrarlanır (Monterbruck&Teunissen, 2017). Uyduların 56°lik eğim açısı ile kutup bölgeleri de dâhil olmak üzere, herhangi bir yer ve zamanda en az 6 uydunun gözlenebilmesi sağlanacaktır. Her uydu kesin zaman sinyalleri, efemeris ve diğer

verileri yayınlayacaktır. Galileo uydularının kullanım ömrünün 10-12 yıl olacağı öne sürülmektedir.

## 2.3. Yer Kontrol Bölümü

Yer Kontrol Bölümünün, Avrupa'da bulunan iki kontrol merkezinden oluşması planlanmıştır. Bu iki merkez, 20 kadar Galileo sensör algılayıcı istasyonu (GSS: Galileo Sensor Stations) tarafından desteklenecektir. Kontrol merkezleri ile uydular arasındaki veri alışverişi için tüm dünyaya dağıtılmış 15 istasyonun kurulması düşünülmektedir. Sonuç olarak, yer kontrol merkezleri uyduların yönetiminden, sinyallerin doğruluk ve bütünlüğünden, uydu atomik saatlerin senkronizasyonundan sorumlu olacaklardır (Kahveci ve Yıldız, 2017).



**Şekil 5:**Galileo Kontrol Bölümünün Dağılımı

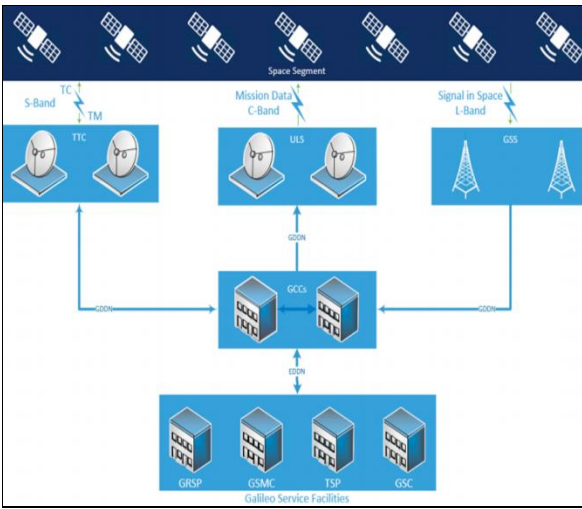
Yer Kontrol Bölümü (GCS) ile uyduların kontrolü yapılırken, Yer Görev Bölümü (GMS) ile de gerekli hizmete ilişkin görevler yerine getirilmektedir. Galileo Yer Bölümü'nün kurulumu Thales-Alenia Space (Fransa, İtalya) ve Airbus Defence and Space (İngiltere, Fransa) ortaklığı ile yapım aşamasına devam edilmektedir.

Bir Yer Kontrol Merkezi (GCC) ile Telemetri, İzleme ve Komut Tesislerinden/İstasyonlarından (TTTCF/TT&C) oluşmakta olan GCS, uydu kontrolüyle alakalı bütün işlemleri yapmaktadır. Merkezi Almanya Oberpfaffenhofen'dedir. Dünya geneline dağılmış olan TT&C istasyonları aracılığıyla S bant kullanarak konumlama uydularıyla temas kurar ve bu uyduların yönetilmesini sağlar.



**Şekil 6.** TTTCF S-Band 11m boyutunda çanak anten

Yer Görev Bölümü (GMS), konumlama sinyallerinin devamlılığını sağlamaktadır. Bir Yer Kontrol Merkezi, yaklaşık yirmi adet Yer Algılama İstasyonları (GSS) ve Yukarı Yönlü Yerel İstasyonları (ULS) ağını içermektedir. Bu bölümün merkezi İtalya'da bulunmaktadır. Uydu navigasyon sinyallerinin takibini yapar, bu sinyallere ilişkin verilerin hesaplamasını yaparak bunların uydulara dağıtılmasını üstlenir. GSS(Yer Algılama İstasyonları), yörünge belirlenmesi ve eş zamanlamanın sağlanması için L bant sensörler aracılığıyla Uzay Bölümünden gönderilen konumlama sinyallerini yakalayıp merkeze iletir. Diğer bileşen olan ULS ise merkezden gönderilen düzeltme verilerinin uyduya yüklenmesinde görev almaktadır. Galileo kontrol bölümünün genel olarak mimarisi Şekil 6'da gösterilmektedir [URL-21].



Şekil 7. Galileo Genel Mimarisi

**Avrupa GNSS Servis Merkezi (GSC):** Torrejón'da (İspanya) bulunan merkez, Galileo Başlangıç İşletim Sistemi (ve gelecekte HAS) kullanıcı toplulukları ile Galileo sistemi arasındaki bağlantıyı temsil eder.

**Jeodezik Referans Servis Sağlayıcısı (GRSP):** Galileo Karasal Referans Çerçevesini (GTRF) Uluslararası Karasal Referans Çerçevesi (ITRF) ile tutarlı bir şekilde gerçekleştirmek için Galileo Kontrol Merkezlerini sürdüren veri işlemeden sorumludur.

**Zaman Hizmet Sağlayıcısı (TSP):** GCC'yi, Eşgüdümlü Evrensel Zamana (UTC) hizalamak için Galileo Sistem Zamanını (GST) gerçekleştirerek destekler.

**Galileo Güvenlik İzleme Merkezi (GSMC):** St. Germain-en-Laye (Fransa) ve Swanwick (İngiltere) 'de bulunan bu tesisler sistem güvenliği izlemesinden sorumludur.

## 2.4. Kullanıcı Bölümü

Bu sisteme erişimi olan herkes bir kullanıcıdır. Galileo'nun kullanım alanlarına bakıldığında zaman hem askeri hem sivil amaçlı olarak planlanmıştır. Kullanıcılara beş farklı hizmet sunmaktadır. Bu

hizmetler; Sınırsız Ulaşım (OS: Open Service), Ticari Kullanım (CS: Commercial Service), Kamu Kullanımı (PRS: Public Regulated Service), Güvenlik ve Acil Durum Kullanımı (SOL: Safety of Life) ve Arama - Kurtarma (SAR - Search And Rescue) kullanımındır (Kahveci ve Yıldız, 2017).

### 2.4.1. Sınırsız Ulaşım (OS) Hizmeti

Tüm kullanıcılara açık ve ücretsiz olacaktır. Özellikle araç navigasyon sistemlerinde ve cep telefonlarında kullanılabilir. Buradan elde edilecek doğruluk, mevcut diğer uydu sistemlerinden (GNSS) elde edilenlerle aynı olacak ve onlarla birlikte çalışabilir. Açık erişim servisinin performansları Tablo 4'de gösterilmektedir (Kahveci ve Yıldız, 2017).

Tablo 4. Galileo Açık Servis Performansları

	Galileo Açık Servis (konumlandırma ve zamanlama)	
	Tek Frekans (SF)	Çift Frekans (DF)
Kapsama	global	
Doğruluk (% 95)	Yatay: 15 m	Yatay: 4m
	Dikey: 35 m	Dikey: 8m
Kullanılabilirlik	% 99,5	
UTC / TAI ile Zamanlama Hassasiyeti	30 ns	

### 2.4.2. Ticari kullanım (CS) hizmeti

OS ile karşılaştırıldığında daha profesyonel kullanımlar içindir ve ücretlidir. Olası kullanım alanları; sabit uydu ağları, yüksek doğrulukta konum ve hız belirleme çalışmaları ile yüksek doğrulukla navigasyon uygulamalarıdır. Bu hizmete ilişkin uydu sinyalleri, E6 bandı üzerinde, OS sinyallerine ilave olarak iki şifreli (kod bilgisi ve veri) sinyal şeklinde olacaktır (Kahveci ve Yıldız, 2017).

### 2.4.3. Yüksek doğruluk hizmeti (HAS)

Bu hizmet eskiden Galileo Ticari Hizmeti (CS) olarak biliniyordu. Farklı bir frekans bandında ek bir navigasyon sinyali ve ilave hizmetler sağlayarak açık servis (OS) sistemini tamamlayan bir hizmettir. HAS hizmetinin sinyali, bu servislere erişimi kontrol altında tutabilmek için şifrelenir. Alıcının konum doğruluğunun desimetre düzeyinde tutturulması düşünülmektedir [URL-20].

### 2.4.4. Kamu (PRS) hizmeti

Emniyet kuvvetleri, sahil güvenlik, ulusal istihbarat ve gümrük birimleri tarafından kullanılacaktır. Bu hizmete erişim için Avrupa'daki güvenlik politikası kuralları geçerli olacaktır. Bu hizmetin özellikle kriz dönemlerinde sürekli açık olması hedeflenmektedir. PRS amaçlı sinyal elektronik karıştırmaya, taklide ve aldatmaya karşı

üst seviyede korumalı hale getirilmiştir. Bu hizmete erişim Avrupa seviyesinde tanımlanacak yetkili kurumlar tarafından kontrol edilecektir ve AB üyesi ülkelerle diğer katılımcı ülkelerin açık bir şekilde tanımlanacak olan kullanıcı kategorileri ile sınırlı olacaktır (Kahveci ve Yıldız, 2017). Bu hizmetin performans değerleri Tablo 5’de gösterilmektedir.

**Tablo 5.** Galileo PRS için Hizmet Performansları

	Galileo Kamu Düzenlemeli Hizmet (PRS)
	Çift Frekans (DF)
Doğruluk (% 95)	Yatay: 6,5 m
	Dikey: 12 m
Kullanılabilirlik	% 99,5
UTC / TAI ile Zamanlama Hassasiyeti	30 ns

#### 2.4.5. Güvenlik ve Acil Durum (SOL) Hizmeti

Gerçek zamanlı navigasyon sisteminin doğruluğunda sorun oluştuğunda, yine gerçek zamanlı olarak ikaz/tehdit sisteminin olmaması durumunda hayati tehlikelerle karşılaşılması olasılığı olan ve çoğunlukla ulaşım sektöründe kullanılacaktır. Bu hizmetle sağlanan konum ve zaman doğruluğu OS ile aynı olacaktır. Aradaki temel fark ise, SOL kullanılarak dünya genelinde garantili doğruluğun ve güvenli ulaşımın önemli olduğu denizcilik, havacılık ve demiryolu gibi uygulamalarda yüksek seviyede bütünlük (süreklilik) sağlanmasıdır. Bu hizmet için çift frekanslı alıcıların kullanılması gerekmektedir. Bu hizmete ilişkin sinyaller E5a+E5b ve L1 bandı üzerinden yayınlanacaktır (Kahveci ve Yıldız, 2017).

#### 2.4.6. Arama - Kurtarma (SAR) Hizmeti

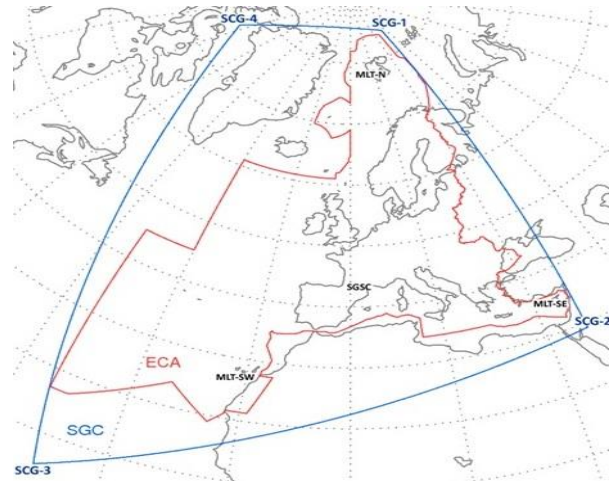
İnsani arama ve kurtarma çalışmaları için AB'nin uluslararası işbirliği faaliyetlerine bir katkı olarak düşünülmektedir. Bu hizmet ile dünyanın neresinde olunursa olunsun sorun yaşanan olaya ilişkin mesajın yaklaşık gerçek zamanlı olarak alınması ve birkaç metre doğruluğunda konum belirlenmesi gibi konularda uluslararası insani amaçlı çalışmalara (COSPAS-SARSAT) katkı sağlayacaktır. Bu hizmet ile COSPAS-SARSAT istasyonlarından 406-406.1 MHz bandında yayınlanan sinyalleri alacak ve bu bilgileri yer istasyonlarına E6 bandında yayınlayacaktır. (Kahveci ve Yıldız, 2017).

Galileo uyduları, gemi, uçak veya insanların yolladıkları acil durum işaretlerini alarak; bu işaretleri ulusal kurtarma merkezlerine aktaracaktır. Bu işaretleri yollayanlara, yolladıkları işaretlerin kurtarma merkezlerine iletişimine dair bir geri dönüş yapılabilecektir. Bunun gösteriminin örneği Şekil 8’de belirtilmektedir.



**Şekil 8.** Galileo SAR sisteminin işleyişi (URL-22)

Projedeki toplam 26 Galileo uydusundan ilk ikisi hariç hepsi bir Cospas-Sarsat arama kurtarma paketi taşımaktadır. Sadece 8 kg ağırlığı ile bu hayat kurtarıcı yükler, ana navigasyon anteninin yanında yer alan alma-gönderme tekrarlayıcıları ile dâhili gücün sadece yüzde 3’ünü tüketmektedir (URL-8). SAR/Galileo hizmeti gün geçtikçe gelişmekte ve kapsama alanı genişlemektedir. Bu sayede herhangi bir olaya müdahale etme, olay yerini belirleme gibi işlemler için gerekli olan süre gittikçe kısalmaktadır. Bu hizmetin gelişme süreçleri şu şekildedir. İlk hizmet 2016 yılında başlamış, geliştirilmiş hizmet Ocak 2020 yılında kullanılmıştır ve tam hizmete ise 2020 yılı içinde geçiş öngörülmektedir. Zamanla gelişen hizmet ile arama ve kurtarma kapsamının genişletilmiş sınırları Şekil 9’ da görülmektedir.



**Şekil 9.** Avrupa'nın arama ve kurtarma kapsamının genişletilmiş sınırları. SGC(Sar Galileo Coverage), ECA(European Space Agency )

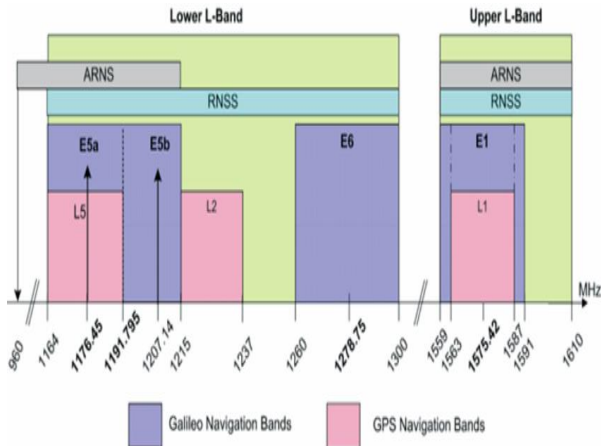
#### 2.5. Uydu Donanımları

**L-bandı:** 1200-1600 MHz frekans aralığında navigasyon sinyallerini iletir.

**SAR (Arama ve Kurtarma) anteni:** Dünya üzerindeki işaretlerden gelen tehlike sinyallerini alır ve bunları yerel kurtarma servislerine iletmek için bir yer istasyonuna iletir.



Bu frekans bantları, Radyo Seyrüsefer Uydu Servisleri (RNSS) için izin verilen spektrumdan seçilmiştir. Ayrıca E5a, E5b ve E1 bantları, sivil havacılık kullanıcıları tarafından kullanılan ve özel güvenlik açısından kritik uygulamalara izin veren Havacılık Radyo Seyrüsefer Hizmetleri (ARNS) için ayrılan spektrumda yer almaktadır. Galileo sinyalleri geniş bir bant genişliğine sahip dört frekans ile iletilir. Galileo sinyallerinin frekans aralıkları Şekil 10 ve 13’de görülmektedir. Ayrıca bu sinyallere karşılık gelen alıcı referans bant genişliği Tablo 6’da gösterilmektedir [URL-17].



Şekil 13. Galileo Sinyalleri Frekans Aralıkları

Tablo 6. Galileo Sinyallerinin Frekansları ve Alıcı Referans Bant Genişlikleri

Sinyal	Taşıyıcı Frekansı(MHz)	Alıcı Referans Bant Genişliği (MHz)
E5A	1176.450	20.460
E5B	1207.140	20.460
E5	1191.795	51.150
E6	1278.750	40.920
E1	1575.420	24.552

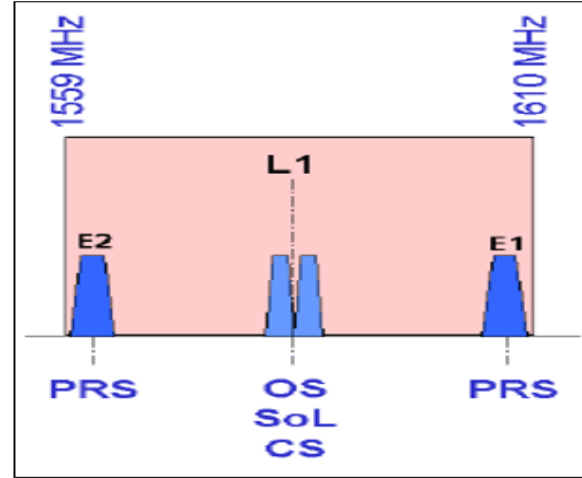
### 2.6.1. Galileo E1 bandı

E1 bandı 1575.42 MHz merkezi frekans değerine sahiptir. Bu bandın temsil ettiği E1 ve E2 sinyalleri kullanılarak Kamu Hizmeti (PRS) sağlanmaktadır. Diğer bileşen olan L1 sinyaliyle ise Açık Hizmet (OS), Hayat Güvenliği (SOL) ve eski adıyla Ticari Hizmet (CS) yeni adıyla Yüksek Doğruluk Hizmeti (HAS) sunulmaktadır. Bu sağlanan hizmetlerden OS verileri şifresizdir ancak diğer SOL, HAS ve PRS hizmetleri şifrelenebilir veya erişimleri kontrol edilebilir. E1 bandının frekans aralığı ve hizmetleri Şekil 14’de gösterilmektedir.

### 2.6.2. Galileo E6 bandı

E6 bandında 1260 MHz ile 1300 MHz arasında iki özel sinyal iletilir. Bunlar E6-B ve E6-C sinyalleridir. Sırasıyla E6-B veri bileşeni, E6-C sinyali ise pilot bileşenidir. E6 sinyalleri C-NAV mesajlarını ve Ticari Servise (CS) desteklerini iletmektedirler (European Union[EU], 2016). Bu iki sinyal şu anda şifreli veya şifresiz olarak iletilmektedir. E6-C

kodları gelecekte kontrollü erişim uygulamalarında kullanmak için şifrelenebilir (URL-9). E6 sinyalinin genel olarak çalışma mantığı rastgele kodlar oluşturmaktır. (URL-9).



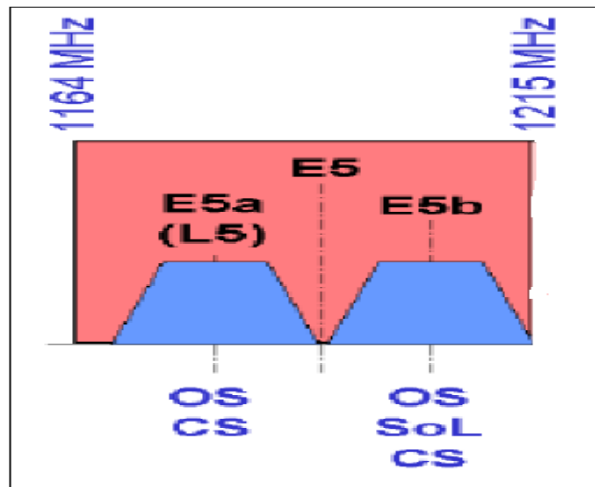
Şekil 14. Galileo E1 bandı ve hizmetleri

### 2.6.3. Galileo E5 bandı

E5 bandı, 1191.795 MHz merkezi frekansa sahiptir. E5a ve E5b adındaki iki alt sinyalden oluşur. Bu sinyaller Radyo Seyrüsefer Uydu Servisleri (RNSS) için ayrılan 1164-1215 MHz aralığında iletilmektedirler. Ayrıca Havacılık Radyo Seyrüsefer Hizmetleri (ARNS) için ayrılan bantı paylaşmaktadırlar.

E5a sinyali, 1176.45 MHz frekansı ile GPS’in L5 sinyali ile örtüşmektedir. Bu sinyal Galileo Açık Hizmet (OS) ve eski adıyla Ticari Hizmet (CS)’i vermektedir.

E5b sinyali, 1207.14 MHz taşıyıcı frekansı ile Yüksek Doğruluk Hizmeti (HAS)’ni vermektedir. Şekil 15’de E5 sinyalleri ve sundukları hizmetler gösterilmektedir.



Şekil 15. Galileo E5 bandı ve hizmetleri

Belirli sinyal yapıları bazı durumlarda (iç mekânda uzun kod kullanılırken, dış mekânda hızlı hareket eden durumda kısa kod kullanılması) yetmeyebilir. Bu yüzden Galileo sinyalleri üzerinde



farklı özelliklere sahip alternatif kodlar sağlamışlardır. Galileo sisteminde bu kadar çok sinyale sahip olmanın başka bir nedeni ise alıcının iyonosferik gecikme hatasını tahmin etmesine izin vermektedir. Bu hata, navigasyon sinyallerinin iyonosferden geçerken maruz kaldığı gecikmeden kaynaklanmaktadır. Bu gecikme nedeniyle uydunun kullanıcıya olan mesafesi yanlış hesaplanmaktadır ve düzeltilmediği takdirde konum doğruluğu düşmektedir. Bu gecikme sinyal frekansıyla doğru orantılı olduğu için aynı uydudan iki farklı frekansta ölçüm yapılarak sorun çözülmüş olur.

L1 ve E5a (iyonosferik hata iptali için) veya çift frekans servisi (L1, E5a, E5b veya E5a ve E5b birlikte) kullanımına dayanan çift frekanslı servis gibi çeşitli kombinasyonlar da mümkündür. Bütün sinyalleri beraber kullanarak çok hassas doğrulukla yapılan uygulamalarda iyonosferik etki ortadan kaldırılabılır.

## 2.7. GALİLEO/GPS/GLONASS Sinyal Karşılaştırılması

Üç uydu sistemi de kendilerine ait sinyallere sahiptir. GPS ve GALİLEO sinyalleri, CDMA teknolojisini kullanırken, GLONASS sinyalleri FDMA teknolojisini kullanmaktadır. GLONASS sistemi de diğer teknolojiye geçmek için çalışmaktadır. Bu sistemlerin hepsi L bantta yer almaktadır; fakat frekansları farklıdır. GPS ve GLONASS sinyallerini adlandırılmasında “L” harfi kullanılır, ikisinde de bulunan L1 ve L2 sinyallerinin frekansları farklıdır. Galileo sisteminin sinyallerinin adlandırılmasında ise “E” harfi kullanılmaktadır. Tablo 7’de sinyal frekanslarının karşılaştırılması gösterilmektedir.

**Tablo 7.** GNSS Frekans Tahsisleri

Frekans Adı	Tahsis Edilen Frekans Aralığı(MHz)				
	L1	L2	L3	L5/E5	E6
<b>GPS</b>	1563-1588	1215-1240	Yok	1164-1189	Yok
<b>GLONASS</b>	1592-1615	1237-1257	1194-1209	Yok	Yok
<b>GALİLEO</b>	1154-1596	Yok	Yok	1145-1238	1258-1300

Galileo sistemi referans zamanı olarak GST (Galileo System Time) kullanılmakta ancak bu zaman sisteminin GPS zamanından farkı çok küçük (nanosaniyeler mertebesinde) olduğundan yaklaşık aynı kabul edilmektedir. Dolayısıyla GST saniyesi aynı GPS’de olduğu gibi Cumartesi’yi Pazar’a bağlayan gece, GST haftası ise 22 Ağustos 1999 00:00:00.00 GPS zamanında başlamaktadır (Kahveci ve Yıldız, 2017).

## 3. SONUÇLAR ve KARŞILAŞTIRMALAR

GPS, GLONASS gibi sistemlerin ne kadar sivil hayatta kullanılmasına izin verilse de uyduların sahibi ülkeler bir sıkıntı gördükleri anda sistemleri kapatma haklarını saklı tutarlar. Avrupa da bu

kısıtlamalar ve giderek cazip hale gelen bu pazardan dolayı, sivil ve ticari kullanıma yönelik sivil otoritenin yönetiminde olan bir sisteme ihtiyaç duymuşlardır. Bu ihtiyaçtan dolayı oluşturulan Galileo sistemi, diğer sistemlerle entegre olabilmekte ve insanlığa doğruluk, hız anlamında daha faydalı olmaktadır. Kapsama alanında da büyük bir ilerleme kaydedilmiştir. Kritik, acil müdahale gerektiren durumlarda gerekli hizmetlere katkı sağlamıştır. Galileo’nun gelecekte çok daha gelişen, avantajlı bir sistem olacağı düşünülmektedir.

Günümüzde, dünya çapında 1.3 milyardan fazla akıllı telefon ve cihaza yerleştirilmiş olan Galileo sistemi özellikle kentsel alanlarda uydu-navigasyon doğruluğunu artırmaya yardımcı olmaktadır. Galileo uydu sistemi gelecek yıllarda tam kapasiteyle çalışması halinde performansı daha da iyi olacak ve kullanıcıların daha kısa sürede istedikleri konum doğruluğunu ve kullanılabilirliğini elde etmelerini sağlayacaktır. Bununla beraber Galileo sistemi MEOSAR’ın (Orta Dünya Yörünge Arama ve Kurtarma sistemi) önemli bir parçası olacaktır ve Cospas-Sarsat ‘a çok önemli katkıda bulunacaktır.

Galileo sistemi gelişmiş performans ve artan doğruluğu sayesinde haritacılık alanında da çok önemli gelişmeler sağlayacağı açıktır. Galileo ve GPS sinyallerinin konumlandırma ve hassas yörünge belirleme için birlikte çalışabilir şekilde kullanılması, özellikle biz haritacılar için daha hassas konum belirleme açısından büyük avantajlar getirecektir.

## ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI

**Atınç Pırtı:** Düzenleme, Kontrol; **Ramazan Gürsel Hoşbaş:** Düzenleme, Kontrol; **Burak Şenel:** Veri toplama, Araştırma, Makale yazma; **Mehmet Köroğlu:** Veri toplama, Araştırma, Makale yazma; **Serdar Bilim:** Veri toplama, Araştırma, Makale yazma

## ÇATIŞMA BEYANI

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## KAYNAKÇA

- European GNSS Agency. (2018). Orbital and Technical Parameters. European GNSS Service Centre: <https://www.gsc-europa.eu/system-status/orbital-and-technical-parameters>
- European Union, (2016). The European GNSS (Galileo) Open Service Signal-In-Space Interface Control Document Issue 1.3 ( OS SIS ICD ), December 2016
- İçen, E. (2018). Küresel Ve Bölgesel Konumlandırma Sistemleri, Teknolojileri ve Uygulamaları Havacılık ve Uzay Teknolojileri Uzmanlığı Tezi, Haziran 2018, Ankara, Türkiye
- Kahveci M., Yıldız, F. (2017). GPS/GNSS Uyduların Konum Belirleme Sistemleri Teori ve Uygulama Kitabı (183-187)

- Koca, B. ve Ceylan, A. (2018). Uydu Konum Belirleme Sistemlerindeki (GNSS) Güncel Durum ve Son Gelişmeler, April 2018
- Marks, P. (2006). "China's satellite navigation plans threaten Galileo". NewScientist.com. Erişim tarihi: 19 Kasım 2006.
- Montenbruck, O., & Teunissen, P. (2017). Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems. Cham: Springer International Publishing AG.
- Nurmi, J., Lohan, E.S., Sand, S., Hurskainen, H.(2015). GALILEO Positioning Technology Chapter 2 (10-32)
- URL1:<http://www.esa.int/esaNA/GGG28850NDCindex0.html>, Aralık
- URL2:[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO\\_18\\_4023](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_18_4023)  
Accessed date:6 June 2018
- URL-3: [https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/history\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/history_en)
- URL-4:  
[https://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_konumlandırma\\_sistemi](https://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo_konumlandırma_sistemi)
- URL-5:  
<https://www.gsceuropa.eu/galileo/programme>
- URL-6: <https://galileognss.eu/galileo-signal-polarization/>
- URL-7: <https://galileognss.eu/galileo-prs-signals/>
- URL-8: <https://www.gpsworld.com/galileo-now-replying-to-sos-messages-worldwide/>
- URL-9: [https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/E6BC\\_SIS\\_Technical\\_Note.pdf](https://www.gsc-europa.eu/sites/default/files/sites/all/files/E6BC_SIS_Technical_Note.pdf)
- URL-10:  
[https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/Galileo\\_satellites](https://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/Galileo_satellites)
- URL-11:  
<https://www.ohb-system.de/main-company.html>
- URL-12:  
<http://spaceflight101.com/spacecraft/galileo/>
- URL-13:  
[http://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo\\_satellite\\_recovered\\_and\\_transmitting\\_navigation\\_signals](http://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo_satellite_recovered_and_transmitting_navigation_signals)
- URL-14:  
[https://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_konumlandırma\\_uyduları\\_listesi#cite\\_note-:0-10](https://tr.wikipedia.org/wiki/Galileo_konumlandırma_uyduları_listesi#cite_note-:0-10)
- URL-15:  
<https://www.arianespace.com/press-release/galileo-constellation-deployment-arianespace-to-orbit-two-more-satellites-on-a-soyuz-launcher-in-may-2016/>
- URL-16:  
<https://www.ohb.de/en/2018/what-is-galileo-capable-of/>
- URL-17:  
[https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo\\_Signal\\_Plan#cite\\_note-GAL\\_SIS\\_ICD\\_2010-2](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Signal_Plan#cite_note-GAL_SIS_ICD_2010-2)
- URL-18:  
[http://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/Galileo\\_navigation\\_signals\\_and\\_frequencies](http://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/Galileo_navigation_signals_and_frequencies)
- URL-19:  
<http://www.esa.int/espab/br/br251/br251.pdf>
- URL-20:  
[https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo\\_High\\_Accuracy\\_Service\\_\(HAS\)](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_High_Accuracy_Service_(HAS))
- URL-21:  
[https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo\\_Ground\\_Segment](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Galileo_Ground_Segment)
- URL-22:  
[https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/sar\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/galileo/sar_en)



© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>